

Examiner's report on doctor's thesis

**Msc. Tien Tran Xuan: MODELLING OF DYNAMIC AND
STATISTICAL PROPERTIES OF A CAR SEAT WITH ADJUSTABLE
PRESSURE PROFILE**

The Ph.D. student in his thesis deals with modelling and dynamic analysis of an existing patented pneumatic spring, and further improvement of its static and dynamic properties aiming at the increase of travelling comfort in transport vehicles. This pneumatic spring can, after being inserted into a car seat, influence the spreading of contact pressure between the seat and human body and improve comfort of the passengers. The system in solution is comprised of a mechanical part, and an electro-pneumatic controlling subsystem with a compressor, reservoir, pneumatic spring, pneumatic actuators, pressure sensors, PID regulator etc. Modelling of such a system requires multidisciplinary approach, ability to create a complex mathematical model describing mechanical, electrical, pneumatic and controlling part of the whole system, and also provide verification of numerical solution in an experimental way.

The thesis numbers 103 pages including the appendix, and is logically divided into five chapters. It also contains Publications of the author.

The aim of the thesis is possible to be characterized as an improvement of the pressure regulation in pneumatic spring in comparison with the existing pneumatic spring so as to accelerate its reaction and at the same time to improve its static and dynamic properties – in particular when it regards the transmission of acceleration between the seat and the mass on the pneumatic spring.

In chapter 1 (Introduction) there is given a good outline of the problems regarding not only conventional cushioned seats, but also seats suspended with the use of springs and absorbers. It is pointed out that the variable stiffness of the seat enables personalisation of the seat (adjustment of stiffness of the pneumatic spring to the weight of the sitting person and her/his perception of comfort). However, I suppose that it might be useful for the author to get more deeply acquainted with the problems of not only passive, but also of semi-active and active suspension of seats in transport vehicles. One can find a quantity of corresponding contributions e.g. in the magazine Vehicle System Dynamics. This would help the author to view possibilities of application of developed pneumatic spring in wider context of the overall suspension in vehicles. In this regard I find it inconvenient to call pneumatic spring in the thesis an active vibroisolation element. At the end of this chapter objectives of the thesis are introduced in detail.

Chapter 2 the author dwells on a seat with adjustable pressure profile. It is based on the patent whose author is doc. Ing. D. Cirkil, Ph.D. In the chapter a feedback electro-pneumatic controlling system is described whose aim is to ensure the continuous change of stiffness of the seat by means of the inwards inserted pneumatic spring (PSE). The controlling system has been realized in the Labview programming language. For examining the time response of the system (reaction time) 2 working modes are defined. The first is the mode with constant stiffness, and the other with constant pressure in PSE. Here it would have been suitable to describe the nature of both modes

and severity connected with their realization because dynamic features of both modes are very close to each other as can be seen in chapter 3.

Chapter 3 is dedicated to the derivation of a mathematical model of both the original and the system improved by the author, and their static and dynamic characteristics are examined. Here it is convenient to acknowledge the capability of the multidisciplinary approach of the Ph.D. student as it has been necessary to take into account not only the mechanical, but also the electrical, pneumatic, and controlling parts of the system. Also very proficient is the experimental part of the thesis required either for verification of simulation models, or for collection of parameter values of simulation models. The effort of the Ph.D. student is oriented towards reducing the reaction time of the system by the increase of PSE capacity, and improving the function of the electro-pneumatic controlling subsystem. Perhaps it is necessary to remind the author the need to construct the mathematical model, especially of the improved system, more distinctly. Rather frequent are also mistakes in references to equations. Somewhere, the ways of expressing oneself have not been accurate enough even if the level of use of the English language in the thesis is generally very good. Rather often the results of the numerical modelling are not discussed sufficiently, or some phenomena are not physically explained. However, it is necessary to appreciate also the experimental part of the chapter, and the general formulating of the methodology of both the numerical and experimental analysis in the chapter.

On page 40 it would have been convenient to account for the choice of the constants of PID regulator, i.e. how these influence dynamic characteristics – e.g. why is the integration constant zero valued? In the course of some quantities in pictures 3.13 to 3.21 there appear some inconsistencies. On page 57 in picture 3.39 since the time of about 12 s deflection $x(t)$ of mass m practically immediately follows the course of excitation $z(t)$, moreover without any transitional motion which would require some explanation as well. Even if picture 3.38 presents the faster reaction of the improved system, comparison of the transmissions of acceleration e.g. in picture 3.40 shows only small differences in transmissions of the original, and the improved systems. I would gladly recommend to compare not only the seat with the applied original, and improved PSE, but also the seat without PSE. In this way it would be possible to document the significance of PSE in the seat. Also it would be convenient to examine the response of the system to the stochastic excitation (measured on the car floor under the seat). For the future I feel it necessary to recommend to pay more attention to the quantifiable evaluation of comfort according to ISO regulations which would enable to prove positive influence of PSE for improving seating comfort with the seat where PSE is applied.

In chapter 4 a FEM model of contact between the seat and the sitting person has been created including a simplified model of a person sitting on a seat, with emphasis put on modelling those parts of a person which are in contact with the seat. The methodology of the modelling is both very well-thought-out, and realized. Also numerical and experimental tests necessary for setting values of numerous parameters of the model are carried out. Several simplifying preconditions were justifiable which is proved by a good concurrence of results of both simulation and experimental models.

Chapter 5 (Conclusion) is perhaps too brief, it consists mostly of repeating observations stated in previous chapters, and generalizing without necessary quantifiable evaluation. What I miss (afore mentioned) quantifiable evaluation of comfort according to ISO standard 2631, stochastic excitation together with incorporating the thesis into the model of the suspension of the whole vehicle.

Significance of the thesis for the field of science

The thesis is significant for the field of Applied mechanics. The improved pneumatic spring can, after being inserted into the vehicle seat, influence the distribution of contact pressure between the

seat and human body, and increase comfort of persons travelling. In this regard is the thesis important for the practice. From the scientific point of view it presents the examination of the original multidisciplinary device consisting of mechanical part and an electro-pneumatic controlling subsystem with detailed methodical approach towards the simulation modelling and experimental verification.

Comments as to the procedure of solving the problem, methods used, and meeting the objective set

The procedure of solving the problem can be considered as appropriate. The methodology of simulation examining and also the experimental part of the thesis are worked out in detail, and are also properly realized. Also adequate software and experimental devices have been used. The Ph.D. student proved a very good proficiency at using these instruments and a suitable application of these when solving problems. The objectives set, defined on page 12 of the thesis, have been completely met. However, for the future I would like to recommend to focus more on the quantified assessment of comfort with regard to ISO standard 2631, on using stochastic excitement, and incorporating of pneumatic spring into the model of suspension of the whole vehicle (possibly real vehicle).

Opinion as to the results of the thesis and significance of contribution of the author of the thesis

The results of the thesis can be considered very valuable both from the theoretical, and practical point of view. The author of the thesis has shown abilities needed for examining the original multidisciplinary device composed of a mechanical part, and of an electro-pneumatic controlling subsystem. He has perfected the existing patented pneumatic spring and has shown its possible use for influencing contact between the seat and the sitting person which enables personalisation of the seat according to the perception of the sitting person.

Comments on methodicalness, arrangement, formal lay-out, and language level of the thesis

A demanding multidisciplinary problem, solved using simulation and experimental means (often complementing with each other) required a worked-out systematic approach in detail. And such an approach has been presented in the thesis. The thesis in general is clearly arranged. However, in several cases the derivation of the mathematical model, namely of the improved system is a bit disarranged. The thesis suffers from numerous false references to equations. Sometimes results of numerical modelling are not sufficiently discussed, or more precisely some phenomena are not explained exactly enough. At some point mode of expression has not been accurate. The formal standard of the thesis is very good.

The language level of the thesis (in English language) is very good.

Comments on publications of the Ph.D. student

The author has had 6 publications, 3 of which have been published in Journal Vibroengineering PROCEDIA, evidently after presentation at three international conferences (two of them abroad and one in the Czech republic). The other 3 are conference publications – 2 of them in the Czech republic with international attendance, and 1 international conference in the Czech republic. I consider these publication sufficient, but in the future I would like to recommend the author to publish in magazines with higher IF.

Remarks upon the thesis and less significant mistakes (numbering of pages corresponds to the pdf file)

- page 1: incorrectly printed title MsC.,
- page 14: physical unit of quantity C_f is missing,
- page 14: in the table Notation and Symbols several quantities are missing, used in the thesis, e.g. $V_c, p_c, p_{in}, q_{cr}, p_r, q_{pv}$,
- page 24: wrongly algorythm, correctly algorithm,
- page 25: on this page there is a pressure error defined as difference between the pressure requested p_d and instant pressure p_s in PSE, but in equation 3.5 it is the opposite way,
- page 27: in equation (3.8) there should have been (twice) p_s/p_{cr} instead of p_{cr}/p_s as follows from equation (3.6),
- page 28: in equation (3.9) there should have been (twice) p_{atm}/p_s instead of p_s/p_{atm} ,
- page 28: in line 2, paragraph 3.1.1.2 there should have been p_{cr} instead of p_r ,
- in picture 3.2 quantities V_C and p_{in} are not defined in the text,
- page 30: in line 1 obviously there should be p_{cr} instead of p_r ,
- page 30: in equation (3.15) there should obviously be p_{cr} instead of p_r ,
- page 31: line 1 on the page: (4) – in picture 3.4 it is missing,
- page 31: $x, dx/dt, d^2x/dt^2$ represent the kinematic displacement excitation ... instead of coordinate x it is necessary to use z ,
- force F_d in equation (3.17) is also dependent on coordinate z and its derivation,
- page 33: in equation(3.20) F_p is also a function of z ,
- page 33: V_b at the end of the page is not defined,
- page 36: in the last line there are erroneous references to equations,
- page 38: in line 1 of the page there are erroneous references to equations,
- page 38: erroneous references to equations in line 2, paragraph 3.1.3,
- page 40: why e_s is used – so far e was used,
- page 44: quantity f_0 in equation (3.40) is not defined,
- page 47: erroneous reference to equation (3.46),
- page 50: instead of reference to equation (3.11) there should have been reference to equation (3.12),
- page 93: erroneous reference to picture 4.26,
- page 97: in line 1 there is a reference to a table which does not exist.

Questions for the Ph.D. student:

- 1) Characterize the meaning of two modes used in examining the system with pneumatic spring (mode with constant stiffness and mode with constant pressure in PSE), stating what you have expected from them and how they differ from the standpoint of their realization.
- 2) What significance do the constants of PID regulator have, and why have you chosen the values used of these constants?
- 3) Why have you only compared the characteristics of the seat with the original pneumatic spring, and the improved one, and why have you not taken in account also the seat without pneumatic spring?
- 4) Can you imagine realization (both simulation, and experimental) of examining comfort of a seat in compliance with ISO 2631, with or without a pneumatic spring in the seat, in the car?

Conclusion

Ph.D. student has used in his thesis appropriate methods and has shown ability to apply them in solving a demanding multidisciplinary problem of simulation and experimental examination of static and dynamic characteristics of system of pneumatic spring consisting of a mechanical part,

and of feedback electro-pneumatic controlling subsystem.

Ph.D. student has presented in his thesis and other published materials new knowledge in this field of science together with valuable theoretical and practical assets and that is why

**I recommend his thesis for defence
in the field of science Applied mechanics**



In Košice, June 7th, 2020

prof. Ing. Štefan Segl'a, CSc.
Faculty of Engineering
TU Košice

Oponentský posudok dizertačnej práce

MSc. Tien Tran Xuan: MODELLING OF DYNAMICAL AND STATICAL PROPERTIES OF A CAR SEAT WITH ADJUSTABLE PRESSURE PROFILE

Doktorand sa v práci zaoberá modelovaním a dynamickou analýzou existujúcej patentovanej pneumatickej pružiny a ďalším zlepšením jej statických a dynamických vlastností s cieľom zvýšenia komfortu cestujúcich vo vozidlách. Táto pneumatická pružina môže po vložení do automobilovej sedačky ovplyvniť rozloženie kontaktného tlaku medzi sedákom a ľudským telom a zlepšiť tak pohodlie prepravovaných osôb. Riešený systém je zložený z mechanickej časti a elektro-pneumatického riadiaceho subsystému s kompresorom, zásobníkom, pneumatickou pružinou, pneumatickými aktuátormi, senzormi tlaku, PID regulátorom atď. Modelovanie takéhoto systému vyžaduje multidisciplinárny prístup, schopnosť vytvoriť komplexný matematický model opisujúci mechanickú, elektrickú, pneumatickú i riadiacu časť celého systému a zabezpečiť i experimentálne overenie numerického riešenia.

Dizertačná práca má 103 strán vrátane prílohy a je logicky rozdelená do piatich kapitol. Obsahuje i Publikácie autora.

Cieľ práce možno stručne charakterizovať ako zlepšenie regulácie tlaku v pneumatickej pružine v porovnaní s existujúcou pneumatickou pružinou tak, aby došlo k zrýchleniu jej reakcie a zlepšeniu jej statických a dynamických charakteristík - hlavne pokiaľ ide o prenos zrýchlenia medzi sedákom a hmotou na pneumatickej pružine.

V 1. kapitole (Úvod) je uvedený dobrý prehľad problematiky týkajúci sa nielen konvenčných sedačiek s poduškami, ale i sedačiek odpružených pomocou pružín a tlmičov. Zdôrazňuje sa, že premenná tuhosť sedáku umožňuje personalizáciu sedačky (prispôbenie tuhosti pneumatickej pružiny hmotnosti sediacej osoby a jej vnímaniu komfortu). Myslím však, že by bolo pre doktoranda užitočné, ak by sa bol hlbšie oboznámil aj s problematikou nielen pasívneho, ale i semiaktívneho a aktívneho odpruženia sedačiek a automobilov. Množstvo takýchto príspevkov možno nájsť napr. v časopise *Vehicle System Dynamics*. Umožnilo by to doktorandovi vidieť možnosti aplikácie vyvinutej pneumatickej pružiny v širších súvislostiach celkového odpruženia vozidiel. V tejto súvislosti nie je vhodné nazývať pneumatickú pružinu riešenú v práci ako aktívny vibroizolačný prvok. Na konci tejto kapitoly sú uvedené detailne rozpracované ciele práce.

2. kapitola sa venuje sedačke s nastaviteľným tlakovým profilom. Vychádza sa z patentu, ktorého autorom je doc. Ing. D. Církľ, Ph.D. V kapitole je podrobne opísaný spätnoväzobný elektro-pneumatický riadiaci subsystém, ktorého cieľom je zabezpečiť spojitú zmenu tuhosti sedáku pomocou doň vlozenej pneumatickej pružiny (PSE). Riadiaci systém bol vytvorený v Labview prostredí. Pre vyšetrenie časovej odozvy systému (rýchlosti reakcie systému) sa

definujú 2 pracovné režimy. Prvým je režim s konštantnou tuhosťou a druhým je režim s konštantným tlakom v PSE. Tu bolo vhodné podrobnejšie opísať podstatu oboch režimov a náročnosť ich realizácie, pretože dynamické charakteristiky oboch režimov sú si blízke, ako je vidieť v 3. kapitole.

Kapitola 3 je venovaná odvodeniu matematického modelu pôvodného i doktorandom zdokonaleného systému a vyšetrojú sa ich statické i dynamické charakteristiky. Tu treba oceniť schopnosť multidisciplinárneho prístupu doktoranda, pretože bolo potrebné uvažovať nielen mechanickú, ale i elektrickú, pneumatickú a riadiacu časť systému. Veľmi dobre je zvládnuta i experimentálna časť práce potrebná buď na overenie simulačných modelov, alebo na získanie hodnôt parametrov simulačných modelov. Snaha doktoranda na zlepšenie systému je zameraná na zníženie reakčnej doby systému zväčšením objemu PSE a zlepšenie funkcie elektro-pneumatického riadiaceho subsystému. Vyčítať možno doktorandovi niekde dosť neprehľadné zostavovanie matematického modelu hlavne zlepšeného systému. Časté sú i chyby v odkazoch na rovnice. Niekde nebolo vyjadrovanie dostatočne presné, hoci angličtina je v práci veľmi dobrá. Často nie sú dostatočne diskutované výsledky numerického modelovania, resp. nie sú viaceré javy dostatočne fyzikálne vysvetlené. Vysoko však treba oceniť aj experimentálnu časť kapitoly a celkovú prepracovanosť metodiky numerickej i experimentálnej analýzy v kapitole.

Na str. 40 bolo vhodné vysvetliť voľbu konštánt PID regulátora, ako tieto ovplyvňujú dynamické charakteristiky - napr. prečo je integračná konštanta nulová? V priebehoch niektorých veličín v obr. 3.13 až 3.21 sú nezrovnalosti. Na str. 57 v obr. 3.39 od času asi 12 s výchylka $x(t)$ hmoty m prakticky okamžite sleduje priebeh budenia $z(t)$, naviac bez nejakého prechodového pohybu, čo by si tiež vyžadovalo vysvetlenie. Hoci obr. 3.38 dokumentuje rýchlejšiu reakciu zlepšeného systému, porovnanie prenosov zrýchlenia napr. na obr. 3.40 ukazuje len malé rozdiely v prenosoch zrýchlenia pôvodného a zlepšeného systému. Odporúčal by som porovnávať nielen sedačku s aplikovaným pôvodným a zlepšeným PSE, ale aj sedačku bez PSE. Takto by bolo možné lepšie dokumentovať význam PSE v sedačke. A tiež by bolo vhodné vyšetrovať odozvu systému aj na stochastické budenie (namerané na podlahe automobilu pod sedačkou). V ďalších prácach by som odporúčal väčšiu pozornosť venovať kvantifikovanému hodnoteniu komfortu podľa predpisov ISO, čo by umožnilo presvedčivejšie preukázať pozitívny vplyv PSE na zvýšenie komfortu osoby na sedačke s aplikovaným PSE.

Vo 4. kapitole bol vytvorený MKP model kontaktu medzi sedačkou a sediacou osobou, vrátane zjednodušeného modelu človeka sediaceho na sedačke s dôrazom na modelovanie predovšetkým časti človeka v kontakte so sedačkou. Metodika modelovania je veľmi dobre a detailne premyslená a realizovaná. Vykonané sú i numerické a experimentálne testy potrebné na určenie hodnôt viacerých parametrov modelu. Niektoré zjednodušujúce predpoklady boli oprávnené, o čom svedčí i dobrá zhoda výsledkov simulačného i experimentálneho modelu.

5. kapitole (Záver) možno vyčítať prílišnú stručnosť, väčšinou len opakovanie už v predchádzajúcich kapitolách uvedených konštatovaní a všeobecnosť bez potrebných kvantifikovaných hodnotení. Chýba mi (už skôr spomínané) kvantifikované hodnotenie komfortu podľa normy ISO 2631, stochastické budenie a zakomponovanie práce do modelu odpruženia celého vozidla.

Význam dizertačnej práce pre odbor

Práca má význam pre odbor Aplikovaná mechanika. Zdokonalená pneumatická pružina môže po vložení do automobilovej sedačky ovplyvniť rozloženie kontaktného tlaku medzi sedákom a ľudským telom a zlepšiť tak pohodlie prepravovaných osôb. S tým súvisí význam práce pre

prax. Z hľadiska vedeckého ide o vyšetrovanie originálneho multidisciplinárneho zariadenia zloženého z mechanickej časti a elektro-pneumatického riadiaceho subsystému s podrobne rozpracovaným metodickým prístupom k simulačnému modelovaniu i experimentálnym overeniam.

Vyjadrenie k postupu riešenia problému, použitým metódam a splneniu stanoveného cieľa.

Postup riešenia problému považujem za vhodný. Metodika simulačného vyšetrovania i experimentála časť práce sú podrobne rozpracované a vhodne realizované. Použité sú vhodné softvéry a experimentálne zariadenia. Doktorand v práci preukázal veľmi dobré zvládnutie týchto nástrojov a ich vhodnú aplikáciu pri riešení úloh. Stanovené ciele definované na str. 12 práce boli bezo zbytku splnené. Do budúcnosti by som však odporúčal väčšie zameranie na kvantifikované hodnotenie komfortu s použitím normy ISO 2631, využitie stochastického budenia a zakomponovanie vyvinutej pneumatickej pružiny do modelu odpruženia celého vozidla (resp. do reálneho vozidla).

Stanovisko k výsledkom dizertačnej práce a významu konkrétneho prínosu autora dizertačnej práce.

Výsledky dizertačnej práce považujem za cenné ako z hľadiska teoretického, tak i praktického. Autor dizertačnej práce preukázal schopnosti potrebné pre vyšetrovanie originálneho multidisciplinárneho zariadenia zloženého z mechanickej časti a elektro-pneumatického riadiaceho subsystému. Zdokonalil existujúcu patentovanú pneumatickú pružinu a ukázal jej možnosti pre ovplyvnenie kontaktu medzi sedačkou a sediacou osobou čo umožňuje personalizáciu sedačky podľa vnímania sediacej osoby.

Vyjadrenie k systematickosti, prehľadnosti, formálnej úprave a jazykovej úrovni dizertačnej práce.

Náročná multidisciplinárna úloha, riešená simulačnými i experimentálnymi prostriedkami (často sa navzájom dopĺňujúcimi), si vyžadovala detailne prepracovaný systematický prístup. A takýto prístup bol v práci prezentovaný. Práca je vcelku prehľadná, ale vyčítať možno autorovi niekde dosť neprehľadné zostavovanie matematického modelu hlavne zlepšeného systému. Práca obsahuje veľa chybných odkazov na rovnice. Často nie sú dostatočne diskutované výsledky numerického modelovania, resp. nie sú viaceré javy dostatočne fyzikálne vysvetlené. Niekde nebolo vyjadrovanie dostatočne presné. Formálna úroveň práce je veľmi dobrá.

Jazyková úroveň práce (v anglickom jazyku) je veľmi dobrá.

Vyjadrenie k publikáciám doktoranda.

Doktorand má 6 publikácií, z toho 3 boli publikované v časopise Journal Vibroengineering PROCEDIA, zrejme po ich prezentovaní na troch medzinárodných konferenciách (z toho dve v zahraničí a jedna v ČR) a ďalšie 3 sú konferenčné publikácie, z toho 2 na konferenciách s medzinárodnou účasťou v ČR a jedna na medzinárodnej konferencii v ČR. Tieto publikácie považujem za dostatočné, ale do budúcnosti by som odporúčal publikovať v časopisoch s vyšším IF.

Pripomienky k práci a menej významné chyby (číslovanie strán odpovedá pdf súboru)

– str. 1: nesprávne písaný titul MsC.,

- str. 14: chyba rozmer veličiny C_f ,
- str. 14: v tabuľke Notation and Symbols chýbajú viaceré veličiny použité v práci, napr.: V_e , p_c , p_{in} , q_{cr} , p_r , q_{pv} ,
- str. 24: algorithm - nie algorythm,
- str. 25: na tejto strane je tlaková chyba definovaná ako rozdiel medzi žiadaným tlakom p_d a okamžitým tlakom p_s v PSE, ale v rov. (3.5) je to opačne,
- str. 27: v rov. (3.8) by malo byť (2 krát) p_s / p_{cr} namiesto p_{cr} / p_s , ako plynie z rov. (3.6),
- str. 28: v rov. (3.9) by malo byť (2 krát) p_{atm} / p_s namiesto p_s / p_{atm} ,
- str. 28: v 2. riadku odstavca 3.1.1.2 má byť p_{cr} miesto p_r ,
- v obr. 3.2 použité veličiny V_C a p_{in} nie sú v texte definované,
- str. 30: v 1. riadku má zrejme byť p_{cr} miesto p_r ,
- str. 30: v rov. (3.15) má zrejme byť p_{cr} miesto p_r ,
- str. 31: 1. riadok na strane: (4) - v obr. 3.4 chyba,
- str. 31: ... x , $\dot{x}$, $\ddot{x}$ represent the kinematic displacement excitation... miesto súradnice x treba použiť z ,
- sila F_d v rov. (3.17) je závislá aj na súr. z a jej derivácii,
- str. 33: v rov. (3.20) je F_p aj funkciou z ,
- str. 33: V_b na konci strany nie je definované,
- str. 36: v poslednom riadku sú chybné odkazy na rovnice,
- str. 38: v 1. riadku strany sú chybné odkazy na rovnice,
- str. 38: chybné odkazy na rovnice v 2. riadku odstavca 3.1.3,
- str. 40: prečo je použité e_s - doteraz sa používalo e ,
- str. 44: veličina f_0 v rov. (3.40) nie je definovaná,
- str. 47: zlý odkaz na rov. (3.46),
- str. 50: namiesto odkazu na rov. (3.11) má byť odkaz na rov. (3.12),
- str. 93: zlý odkaz na obr. 4.26,
- str. 97: v 1. riadku je odkaz na tabuľku, ktorá neexistuje.

Otázky pre doktoranda:

- 1) Charakterizujte význam dvoch režimov použitých na vyšetrenie systému s pneumatickou pružinou (režim s konštantnou tuhosťou a režim s konštantným tlakom v PSE), čo ste od nich očakávali a ako sa líšia z hľadiska ich realizácie.
- 2) Aký význam majú konštanty PID regulátora a prečo ste zvolili použité hodnoty týchto konštánt?

- 3) Prečo ste porovnávali len charakteristiky sedačky s pneumatickou pružinou pôvodnou a zdokonalenou a neuvažovali ste i sedačku bez pneumatickej pružiny?
- 4) Viete si predstaviť realizáciu (simulačnú i experimentálnu) vyšetovania komfortu sedačky podľa ISO 2631 s pneumatickou pružinou v sedačke i bez nej priamo v automobile?

Záver:

Doktorand vo svojej práci použil vhodné metódy a preukázal schopnosť ich aplikácie pri riešení náročného multidisciplinárneho problému simulačného a experimentálneho vyšetovania statických a dynamických charakteristík systému pneumatickej pružiny pozostávajúceho z mechanickej časti a spätnoväzobného elektro-pneumatického riadiaceho subsystému.

Doktorand prezentoval v dizertačnej práci i v ďalších publikovaných prácach nové poznatky v riešenej oblasti s cennými teoretickými i praktickými prínosmi a preto

**odporúčam jeho prácu k obhajobe
vo vednom odbore Aplikovaná mechanika**



V Košiciach, 7. 6. 2020

prof. Ing. Štefan Segľa, CSc.
Strojnícka fakulta, TU Košice

R E V I E W

of the dissertation thesis of **MSc. Tien Tran Xuan**

Modelling of dynamical and statical properties of a car seat with adjustable pressure profile

The dissertation thesis deals with the investigation of properties of a pneumatic spring element (PSE), which should improve the properties of car seats, and increase the passenger comfort by better distribution of pressure between human body and the seat. The work follows the research works done at the department KMP. The submitted thesis has 103 pages including the Appendix, a list of references and the list of author's publications.

The main part of the thesis is divided into four chapters. The first chapter outlines the topic and the goals of the work. Chapter 2 describes the investigated seat, the mechanical system with a pneumatic spring element and electro-pneumatic control system. The next chapter presents the mathematical model of the control and of the spring element with latex tube. In addition to the original arrangement, also this improved system is studied, and the dissertant compares the response of the computer and mass models. Using Matlab, he investigates the response of the system under static and dynamic load in two modes: with constant stiffness and constant pressure. The transmission of acceleration was studied, defined as the ratio of amplitudes of the accelerations of mass and of excitation.

Chapter 4 presents the analysis of mechanical response by the finite element method (done via the FEM code Marc). Stress-strain diagrams were created for a latex membrane and for a cylindrical spring, and a constitutive model (Mooney-Rivlin) was derived for the foam material. The model parameters were found via measurements done on a test sample.

The results proved a good coincidence of the relationships „contact force – deformation“, obtained by the mathematical model and by experiment. They also proved positive influence of the additional pneumatic spring element on the distribution of contact pressure.

EVALUATION OF PARTIAL CRITERIA:

- a) The investigated area is topical. The dissertation thesis brings valuable knowledge, and is especially important for the branches Construction of machines and Transport means.
- b) The dissertant has treated the problem in a systematic and logical way. He has used suitable methods both theoretical and experimental.
- c) The results are useful for the branches Construction of transport means and Control. In applications, they can contribute to the comfort of the driver and to the ride safety.
- d) The dissertation thesis is written clearly. The form of writing and language level are very good.
- e) The dissertant has published six papers on the topic in specialised journals and proceedings of international conferences. In five cases he was the first author and once a co-author.

A question to the dissertant: What does he consider as the most important outcome of his work?

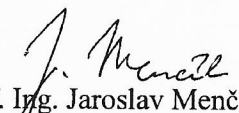
General review

The dissertation work of MSc. (Ing.) Tien Tran Xuan is topical. The thesis is worked out very carefully, and is of high quality. It is written clearly, and brings valuable knowledge, obtained by systematic scientific work. The dissertation thesis contains – in addition to new information – also proposals for the use of the results related to the behaviour of the investigated materials and components. A part of the results has been published.

I recommend that **MSc. Tien Tran Xuan** may defend his thesis, and, after a successful defence, he is awarded the title

Doctor of Philosophy (in abbreviation **PhD.** behind the name).

17th February 2020


prof. Ing. Jaroslav Menčík, CSc.
University of Pardubice

OPONENTNÍ POSUDEK
disertační práce pana Ing. Tien Tran Xuan

**Modelling of dynamical and statical properties
of a car seat with adjustable pressure profile**

Disertační práce se zabývá modelováním dynamických a statických vlastností přídavného pneumatického pružicího prvku, který má zlepšit vlastnosti odpružené sedačky silničních vozidel lepším rozložením kontaktního tlaku mezi lidským tělem a sedákem. Disertant navázal na práce konané na školicím pracovišti (KMP). Předložená disertace má 103 strany včetně příloh, seznamu použitých zdrojů a přehledu publikací disertanta.

Hlavní část práce je rozdělena do čtyř kapitol. V úvodní kapitole je nastíněna problematika a formulovány cíle disertace. V kapitole druhé je popsána řešená sedačka, mechanický systém s pneumatickým pružicím prvkem a elektropneumatický řídicí systém. V kapitole 3 je popsán matematický model řídicího systému a latexového pružicího trubicového elementu. Kromě původního uspořádání je tam i zdokonalený systém s přídavnou pryžovou trubicí, a disertant porovnával odezvu modelu reálného a počítačového. S použitím Matlabu zkoumal chování systému při statickém a dynamickém buzení, a to při dvou způsobech činnosti: s konstantní tuhostí a při konstantním tlaku. Zde zkoumal především přenos zrychlení, definovaný jako poměr amplitudy zrychlení hmoty a amplitudy zrychlení buzení.

V kapitole 4 se zabývá analýzou mechanické odezvy metodou konečných prvků (program MARC). Vytvořil diagramy napětí – pretvoření pro latexovou membránu a válcovou pružinu, a navrhl konstitutivní Mooneyův-Rivlinův model pro pěnový materiál. Parametry modelu našel na základě měření, která provedl na zkušebním vzorku.

V závěrečné páté kapitole jsou shrnuty vykonané práce a dosažené výsledky. Ty ukázaly dobrou shodu mezi průběhy závislosti kontaktní síla – deformace, získaných matematickým modelem a experimentálně. Prokázaly i příznivý vliv přídavné pneumatické pružiny na rozložení kontaktního tlaku.

HODNOCENÍ DÍLČÍCH HLEDISEK:

- A) Zkoumaná problematika je aktuální. Disertační práce přináší cenné poznatky a má význam zejména pro obory Stavba strojů a Dopravní prostředky.
- B) Disertant přistoupil k řešení problému systematicky a logicky. Zvolil vhodné metody teoretické a experimentální.
- C) Výsledky mají význam pro oblast stavba vozidel, zejména odpružení a jeho řízení. V aplikaci přispějí ke zvýšení komfortu řidiče a bezpečnosti jízdy.
- D) Práce je napsána přehledně, formální úprava i jazyková úroveň jsou velmi dobré.
- E) Disertant publikoval na dané téma 6 prací v časopisech a sbornících mezinárodních konferencí; u pěti byl prvním autorem, u jedné byl spoluautorem.

Dotaz na disertanta: Co považuje za nejlepší výsledek a největší přínos své práce?

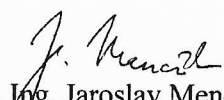
Celkové hodnocení

Téma disertační práce Ing. Tien Tran Xuana je aktuální. Práce je zpracována velmi pečlivě, má vysokou odbornou úroveň, je sepsána srozumitelně a obsahuje cenné poznatky, které byly získány systematickou vědeckou prací. Práce obsahuje kromě nových poznatků i návrhy pro využití získaných znalostí o chování zkoumaných materiálů i konstrukčních prvků a konstrukcí. Část poznatků již byla publikována.

Doporučuji, aby **ing. Tien Tran Xuan** byl připuštěn k její obhajobě, a aby mu po úspěšné obhajobě byl udělen titul

d o k t o r (ve zkratce **PhD.** za jménem).

17. února 2020


prof. Ing. Jaroslav Menčík, CSc.
Univerzita Pardubice

Examiner's report on doctoral thesis of Mr Tien Tran Xuan titled

„Modelling of dynamical and static properties of a car seat with adjustable profile“

Examiner: Prof. Dr. Ing. Jan Dupal

For evaluation a Ph.D. thesis has been submitted bearing the above mentioned title counting 103 pages including pictures and appendices. The positive aspect is the list of the terms used but in some cases the explanation of the symbols and abbreviations used is missing. The principal substance of the thesis is the assembling of a complex model of a transport vehicle seat where an electro-pneumatically controlled pneumatic spring and polyurethane foam in the seat cushion are used, together with the improvement of the former using an additional latex tube. Larger volume of pneumatic spring enables faster effect of the feedback towards the reduction of an undesired vertical acceleration of the seat which, after the multiplication of a certain weight function, is the criterion of the comfort of travelling. This function takes into account the different sensitivity of a human body towards the frequency of acceleration to which it is exposed. This is of a great importance for the application of the optimization process of the model's parameters. However, the substance of the theses is not the optimization of the model but only the improvement of its properties. I also suppose that the optimization of the parameters while solving this problem would hardly be feasible. The model mentioned, relatively in detail, simulates the behaviour of the real cushion and observes the properties of the materials and the media which comprise the pneumatic spring and the whole seat. The result of the thesis are discreet models of nonlinear seat which are described by a system of ordinary evolutionary differential equations. These models consist of several subsystems which are combined with links among state variables. However, the source materials for piecing together this complex model require the solution of a whole set of partial problems. Some of the parameters of the resulting model have been obtained by physical experiments, while others by simulation of behaviour of program modules based on FEM. During the collection of these parameters, results acquired by physical experiment, and numerical calculation have been compared as well.

I suppose that the findings of the theses present a great contribution for the future production of controlled seats for transport vehicles on the commercial basis, oriented to greater comfort of a user. I am convinced that the range of activities which have been a part of the thesis (physical experiments, numerical simulations, putting together a controlled actuator etc.), is considerable.

Following, there are several questions and comments which I have:

- In the equation (3.1.) in the second term there is Δp which does not belong there.
- As to picture 3.1 there is no explanation (perhaps I have not noticed) what VDC means. Do the curves in picture 3.1a mean envelopes from the values recorded?
- With previous approximations regression with cubical polynomials is used. Why in the relation (3.25) a polynomial of the 15-th grade is applied? The curve is not that „wild“ and in the case of approximation with polynomial higher than 10-th grade, the conditionality of the matrix for the calculation of coefficients is aggravating and the results may distort the whole regression.
- Question as to picture 3.9. Does, or does not influence the pressure in parts V_1 and V_3 the volume of V_2 ? The thesis proceeds from the assumption that the volume V_2 is constant.
- Question as to picture 3.12. Why is the curve in blue closed? Is it again the envelope of the values recorded?
- 3.12 – the numbers of the equation (3.37) do not fit. These numbers are incorrect in the greater part of chapter 3 which downgrades the comprehensibility.

- Picture 3.32a. The values recorded are marked in red solid line with disregard to the fact that these are discreet values. It would probably be more suitable to mark the values recorded with e.g. dots.

Conclusion:

Despite all, more or less formal comments I suppose that the theses offers relatively coherent view of modelling the controlled seat of a transport vehicle, including time-consuming collection of all necessary input parameters of the complex model. Hereafter, my view is that the theses meets all the criteria demanded, and that's why **I recommend** it for defense, and also for bestowing the title of Ph.D. according to the respective law.

Plzeň, March 4th, 2020



Prof. Dr. Ing Jan Dupal
Mechanics department
Faculty of Applied Sciences
University of West Bohemia

**Oponentský posudek doktorské disertační práce pana MSc. Tien Tran Xuan
s názvem**

**Modelling of dynamical and statical properties of a car seat with adjustable
profile**

Oponent: Prof. Dr. Ing. Jan Dupal

K posouzení byla předložena disertační práce výše uvedeného názvu o rozsahu 103 stran včetně obrázků a příloh. Pozitivní stránkou práce je seznam použitých značení, avšak ani ten v některých případech neosvětlil všechny použité symboly nebo zkratky. Hlavní náplní práce je sestavení komplexního modelu sedačky dopravního vozidla s elektro-pneumaticky řízenou pneumatickou pružinou, polyuretanovou pěnou umístěnou v polštáři sedačky a jeho následné vylepšení pomocí přídavné latexové trubice. Větší objem pneumatické pružiny umožňuje rychlejší působení zpětné vazby na redukci nežádoucího vertikálního zrychlení sedačky, které bývá po násobení jistou frekvenční váhovou funkcí měřítkem komfortu cestování. Tato funkce zohledňuje rozdílnou citlivost lidského těla na frekvence zrychlení, kterému je vystaveno. To má velký význam při aplikaci optimalizačního procesu parametrů modelu. Náplní práce však není optimalizace modelu, ale jen zlepšení vlastností. Také se domnívám, že optimalizace parametrů by při řešení tohoto problému byla obtížně realizovatelná. Zmíněný model poměrně podrobně simuluje chování celého díla a respektuje vlastnosti materiálů a média, z nichž je pneumatická pružina a celá sedačka složena. Výsledkem práce jsou diskrétní nelineární modely sedačky, které jsou popsány soustavou obyčejných evolučních diferenciálních rovnic. Tyto modely se skládají z několika subsystémů, které jsou vázány pomocí vazeb mezi stavovými proměnnými. Podklady pro sestavení tohoto komplexního modelu však vyžadují řešení celé řady dílčích problémů. Některé parametry výsledného modelu byly získány pomocí fyzikálních experimentů, jiné parametry musely být získány simulací chování pomocí programových modulů založených na MKP (FEM). Při získávání těchto parametrů došlo i na srovnání výsledků získaných fyzikálním experimentem a numerickým výpočtem.

Domnívám se, že výsledky disertační práce mají velký přínos pro účely budoucí výroby řízených sedaček pro dopravní vozidla na komerční bázi s cílem zvýšení komfortu uživatele. Jsem přesvědčen, že objem činností, které byly součástí disertace (fyzikální experimenty, numerické simulace, sestavení řízeného aktuátoru atd.), je značný.

K práci mám několik otázek a připomínek:

- V rovnici (3.1) je v druhém členu obsaženo Δp , které tam nepatří
- K obr. 3.1 není vysvětleno, nebo jsem nepostřehl, co je VDC. Křivky v obr. 3.1a znamenají obaly z naměřených hodnot?
- U předchozích aproximací je použita regrese kubickými polynomy. Proč je ve vztahu (3.25) použit polynom 15. stupně? Ta křivka není tak „divoká“ a v případě aproximace polynomem vyšším než 10. stupně, se velmi zhoršuje podmíněnost matice pro výpočet koeficientů a výsledky mohou zkreslit celou regresi.
- Otázka k obr. 3.9. Má nebo nemá vliv tlak v částech V_1 a V_3 na objem V_2 ? V práci se předpokládá, že objem V_2 je konstantní.
- Otázka k obr. 3.12. Proč je křivka modrou barvou uzavřená. Jde opět o obal naměřených hodnot?

- 31₂ nesedí čísla rovnice (3.37). Ta čísla jsou nesprávná ve velké části kapitoly 3, a proto se velmi snížila srozumitelnost
- Obr. 3.32a. Naměřené hodnoty jsou vyznačeny spojitou červenou čarou navzdory faktu, že jde o diskrétní hodnoty, takže by asi bylo vhodnější vyznačit naměřené hodnoty značkami (např. tečkami)

Závěr:

Navzdory víceméně formálním připomínkám se domnívám, že práce dává poměrně ucelený pohled na modelování řízené sedačky dopravního vozidla včetně pracného získávání potřebných vstupních parametrů komplexního modelu. Dále se domnívám, že práce splňuje kritéria na ni kladená, a proto ji **doporučuji** k obhajobě a udělení titulu PhD. podle příslušného zákona.

V Plzni dne 4. 3. 2020



Prof. Dr. Ing. Jan Dupal
Katedra mechaniky
Fakulta aplikovaných věd
Západočeská univerzita v Plzni